

KERANGKA SISTEM ASET DIGITAL PADA INFRASTRUKTUR BLOCKCHAIN YANG SEJALAN DENGAN SYARIAH ISLAM

Herman*¹⁾, M. Kunta Biddinika²⁾, Fitriah³⁾, Suwanti⁴⁾, Jannatul Husna⁵⁾, Dinan Yulianto⁶⁾

1. Magister Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
2. Magister Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
3. Magister Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
4. Magister Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
5. Ilmu Hadis, Fakultas Studi Islam, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
6. Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: Aset Digital; Kerangka Sistem; Infrastruktur *Blockchain*; Syariah Islam

Keywords: *Digital Assets; System Framework, Blockchain Infra-structure, Islamic Sharia*

Article history:

Received 1 March 2024
Revised 15 March 2024
Accepted 29 March 2024
Available online 1 June 2024

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v9i2.5431>

* Corresponding author.

Herman

E-mail address:

hermankaha@mti.uad.ac.id

ABSTRAK

Aset digital mengalami pertumbuhan signifikan dalam era digital bahkan menjadi pilar utama dalam perubahan paradigma keuangan global. Fenomena ini mencakup *cryptoassets*, token digital, properti digital, dan lainnya, yang semuanya dikelola secara digital. Sebagian aset digital dapat digunakan sebagai alat pembayaran dan sebagainya lainnya tetap sebagai media investasi. *Blockchain* memainkan peran krusial dalam mendukung ekosistem aset digital, dimana aset digital diamankan dengan teknologi kriptografi yang dikenal dengan *cryptoassets*. Namun, tantangan seperti ketidakpastian regulasi, volatilitas pasar, dan masalah lingkungan memerlukan solusi lintas sektor diberbagai negara. Bagi pengguna aset digital yang beragama Islam, kepatuhan terhadap prinsip syariah menjadi isu yang penting, yaitu bagaimana menciptakan lingkungan yang sesuai dengan syariah. Masalah terkait dengan larangan *gharar*, *maisir*, *riba* dan prinsip keadilan dalam transaksi. Prinsip syariah pada *cryptocurrency* tidak hanya menciptakan lingkungan finansial yang sejalan dengan nilai-nilai islam, tetapi juga memberikan kepastian hukum, menjaga keseimbangan distribusi kekayaan, dan memastikan bahwa aktivitas ekonomi memberikan manfaat positif terhadap masyarakat secara luas. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan kerangka sistem aset digital pada infrastruktur *blockchain* yang sejalan dengan prinsip syariah Islam. Kerangka ini diharapkan dapat mendorong adopsi *cryptoasset* yang lebih luas dan berkelanjutan. Artikel ini melaporkan hasil penelitian yang telah selesai merumuskan ekosistem *cryptocurrency* sesuai syariah dengan enam pilar utama, yaitu Perisai Syariah, Platform *Blockchain*, Aplikasi, Pertukaran dan Pasar, serta Regulasi Keuangan. Ekosistem *cryptocurrency* tersebut merupakan sebuah kerangka sistem aset digital pada infrastruktur *blockchain* yang memberikan landasan kokoh untuk mencapai kesesuaian dengan prinsip-prinsip syariah.

ABSTRACT

In the digital era, digital assets have experienced a remarkable surge, becoming a pivotal element in the global financial paradigm shift. This encompasses various entities such as cryptoassets, digital tokens, and other digitally represented tradable assets, with blockchain technology playing a crucial role in supporting this ecosystem. However, challenges such as regulatory uncertainty, market volatility, and environmental concerns require global cross-sector solutions. For users adhering to Islamic principles, ensuring Sharia compliance is a key focus to establish an environment in alignment with Sharia values. Serious consideration is given to issues like gharar, maisir, riba prohibitions, and transactional justice. Effectual monitoring and supervision are imperative to prevent misuse and illegal activities while enhancing public education on crypto asset risks within the Sharia finance context is essential. The integration of Sharia principles in cryptocurrency not only fosters a financial environment consistent with Islamic values but also ensures legal certainty, upholds wealth distribution equilibrium, and contributes positively to society's economic impact. This research aims to create a Sharia-compliant digital asset system framework on the blockchain infrastructure, providing solutions to diverse challenges and encouraging sustainable adoption. The resulting Sharia-compliant

cryptocurrency ecosystem is built upon six pillars: Sharia Shield, Blockchain Platform, Applications, Exchanges and Markets, and Financial Regulation, establishing a robust foundation for achieving Sharia compliance within the digital asset landscape.

I. PENDAHULUAN

ASET digital merupakan fenomena penting di era digital yang menentukan perubahan paradigma keuangan global. Dalam beberapa tahun terakhir kita telah menyaksikan transformasi lanskap keuangan global dengan munculnya aset digital. Aset digital adalah representasi digital dari nilai atau hak kepemilikan yang dapat dimiliki atau diperdagangkan [1]. *Cryptoassets* merupakan kelas aset digital yang menggunakan kriptografi untuk menciptakan dan mengelola unit-unit aset, serta untuk mengamankan transaksinya yang disimpan dalam platform *blockchain* [2]. *Cryptoassets* terdiri dari berbagai bentuk, termasuk mata uang kripto (*cryptocurrency*), token digital (*utility token*, *security token*, dan *natural asset token*), dan NFT (*Non-Fungible Token*). Sejarah aset digital, khususnya dalam konteks *cryptocurrency* (mata uang kripto) dan teknologi *blockchain*, dimulai dengan penemuan Bitcoin pada tahun 2008 oleh Satoshi Nakamoto [3]. Bitcoin sebagai pelopor telah membuka jalan bagi berbagai aset digital lainnya seperti Ethereum, Litecoin, dan ribuan mata uang kripto lainnya yang menggunakan teknologi *blockchain* untuk memastikan keamanan dan keabsahan. *Blockchain* menjadi tulang punggung yang menggerakkan ekosistem aset digital dengan memainkan sejumlah peran krusial.

Blockchain adalah teknologi pencatatan dan penyimpanan data dan transaksi aset secara aman dan transparan [4]. *Blockchain* menggabungkan kecanggihan teknologi kriptografi yang memungkinkan data disimpan dalam infrastruktur *blockchain* secara terdistribusi [5]. Data transaksi disimpan dalam bentuk blok-blok data. Setiap blok data dihubungkan dengan algoritma kriptografi, menciptakan rantai blok yang tidak dapat diubah dan dapat diverifikasi oleh semua pihak yang terlibat dalam jaringan *blockchain* tersebut [6]. *Blockchain* tidak hanya berperan sebagai penyimpanan data terdesentralisasi, *blockchain* juga berguna untuk menyimpan informasi secara aman dan terenkripsi, tetapi juga membentuk jaringan *peer-to-peer* (P2P) yang memungkinkan transaksi langsung antara pengguna tanpa perantara. Melalui proses konsensus seperti *Proof of Work* (PoW) atau *Proof of Stake* (PoS), *blockchain* menjaga keandalan transaksi dan mencegah manipulasi data [7]–[9]. Dengan demikian, teknologi *blockchain* menjadi fondasi yang kokoh di dunia digital, menggabungkan keamanan penyimpanan data, desentralisasi jaringan, dan proses konsensus yang andal. Beberapa jenis infrastruktur *blockchain* terkemuka adalah infrastruktur *blockchain* Bitcoin, yang digunakan untuk transfer dan penyimpanan nilai dalam bentuk mata uang Bitcoin (*cryptocurrency*), Infrastruktur Ethereum yang mendukung eksekusi *smart contracts* dan aplikasi terdesentralisasi (DApps), Binance Smart Chain sebagai alternatif untuk aplikasi terdesentralisasi dengan biaya transaksi lebih rendah, serta Polkadot yang menyediakan kerangka kerja untuk menghubungkan berbagai *blockchain* [6], [8], [10], [11]. Melalui beragam infrastruktur ini, *blockchain* menghadirkan platform yang dinamis dan inovatif bagi perkembangan teknologi terdesentralisasi.

Pengembangan teknologi *blockchain* menghadapi sejumlah tantangan umum. Pertama, skalabilitas menjadi perhatian karena peningkatan jumlah transaksi dapat memperlambat verifikasi dan meningkatkan biaya [3], [12]–[14]. Tantangan kedua adalah kurangnya interoperabilitas yang dapat menghambat pertukaran aset antar platform *blockchain* [3], [13], [15]. Keamanan tetap menjadi kekhawatiran utama, sementara regulasi yang belum mapan dapat membatasi adopsi teknologi ini secara luas [1], [16], [17]. Isu-isu lain melibatkan penghindaran pajak dan pencucian uang, peraturan yang tidak seragam antarnegara, dan tingginya biaya transaksi pada beberapa jaringan *blockchain* [13], [18]–[20]. Ketidakpastian regulasi global, tantangan volatilitas pasar yang signifikan dan fluktuasi nilai yang membuat harga melonjak naik-turun, menimbulkan ketidakpastian bagi para investor, meningkatnya ancaman keamanan siber, dampak lingkungan dari proses penambangan kripto, serta kesulitan menentukan kepatuhan syariah [3], [10], [19], [20]. Solusi untuk mengatasi permasalahan ini memerlukan kerjasama lintas sektor dan perbatasan untuk merumuskan regulasi yang efektif, meningkatkan keamanan teknologi *blockchain*, memperhatikan dampak lingkungan, dan memastikan kepatuhan syariah untuk mendukung perkembangan yang berkelanjutan serta adopsi luas aset digital di berbagai negara [3], [21], [22]. Di berbagai negara, terdapat sejumlah permasalahan dan dinamika unik terkait dengan aset digital dan infrastruktur *blockchain*. Di India, ketidakpastian hukum dan regulasi menyelimuti aset digital, menciptakan ketidakpastian bagi pelaku industri [16]. China melarang beberapa aktivitas kripto dan penambangan sebagai upaya pengendalian pemerintah [2], [8], [16]. Amerika Serikat menghadapi serangan siber dan kekhawatiran keamanan kripto, sementara upaya regulasi terus berkembang [23]. Uni Eropa menekankan regulasi ketat terkait pencucian uang dan kejahatan keuangan dengan aset digital [24]–

[26]. El Salvador, yang mengadopsi Bitcoin, menyoroti isu dampak lingkungan dari penambangan kripto [2], [27], [28].

Salah satu tantangan utama adalah kepastian hukum dan regulasi terkait dengan status hukum *cryptoassets*, yang belum sepenuhnya terdefinisi dengan jelas dalam kerangka syariah. Masalah kepatuhan syariah menjadi perhatian serius, terutama terkait dengan larangan *gharar*, *maisir*, *riba* dan prinsip keadilan dalam transaksi [1], [3], [21], [22]. Volatilitas nilai yang tinggi pada *cryptoassets* juga dapat menimbulkan risiko finansial yang bertentangan dengan prinsip kestabilan yang ditekankan dalam keuangan syariah [3], [10]. Pemantauan dan pengawasan yang efektif untuk mencegah penyalahgunaan dan kegiatan ilegal menjadi isu penting, sementara edukasi masyarakat tentang risiko dan implikasi *cryptoassets* dalam konteks keuangan syariah perlu ditingkatkan [19], [24], [29]. Upaya bersama antara pemerintah, regulator, dan pelaku industri diperlukan untuk menanggapi isu-isu ini dan mengembangkan solusi yang sejalan dengan prinsip-prinsip syariah Islam. Negara-negara muslim seperti Malaysia, Indonesia dan Uni Emirat Arab berupaya memastikan kepatuhan prinsip syariah dalam penggunaan aset digital [19], [28]–[30]. Pentingnya prinsip syariah bagi sistem aset digital pada infrastruktur *blockchain* terletak pada kepatuhan terhadap nilai-nilai dan norma Islam. Menerapkan prinsip syariah tidak hanya menjadi kewajiban bagi komunitas atau individu yang mengutamakan ajaran Islam, tetapi juga membangun kepercayaan pengguna, terutama kalangan yang sensitif terhadap kepatuhan syariah.

Prinsip syariah sebagai panduan etika dan nilai-nilai Islam, memainkan peran penting dalam mengatur perilaku ekonomi dan finansial [1], [22]. Tujuannya tidak hanya menciptakan lingkungan finansial yang sejalan dengan nilai-nilai Islam, tetapi juga memberikan kepastian hukum, menjaga keseimbangan distribusi kekayaan, dan memastikan bahwa aktivitas ekonomi memberikan manfaat positif bagi masyarakat secara luas [19], [21]. Pengembangan kerangka kerja sistem dalam pengembangan aset digital dan infrastruktur *blockchain* yang mematuhi prinsip-prinsip syariah dapat meningkatkan kepercayaan pengguna dan memastikan kepatuhan terhadap nilai-nilai Islam melalui beberapa cara [3], [19], [31]. Pertama, dengan menekankan transparansi dan integritas, platform memberikan akses terbuka kepada pengguna tentang cara kerja platform, termasuk mekanisme perdagangan, pengelolaan dana, dan kebijakan privasi, sehingga membangun keyakinan bahwa mereka berurusan dengan platform yang jujur, adil, dan berkualitas. Kedua, dengan menempatkan perlindungan konsumen sebagai prioritas utama, kerangka kerja memastikan adanya mekanisme perlindungan yang efektif terhadap penipuan, manipulasi pasar, atau praktik bisnis yang merugikan pengguna, yang membantu membangun kepercayaan yang kuat di antara pengguna. Ketiga, dengan menjamin kepatuhan syariah dalam setiap aspek operasi platform, termasuk menghindari kegiatan yang dianggap haram, seperti *riba*, *gharar*, atau *maisir*, platform dapat memastikan kepatuhan terhadap nilai-nilai Islam, yang pada gilirannya meningkatkan kepercayaan pengguna Muslim. Terakhir, melibatkan ahli syariah dalam pengembangan dan pengawasan platform membantu memastikan bahwa setiap keputusan atau kebijakan yang diambil sesuai dengan interpretasi yang benar tentang prinsip-prinsip syariah, yang memperkuat legitimasi platform di mata pengguna Muslim dan membangun kepercayaan yang lebih besar. Dengan menggabungkan semua aspek ini dalam pengembangan kerangka kerja sistem, platform dapat menciptakan lingkungan yang sesuai dengan nilai-nilai Islam, membangun kepercayaan pengguna, dan memastikan kepatuhan terhadap prinsip-prinsip syariah [19], [21], [22], [29]. Sebagai alternatif solusi untuk mengatasi masalah-masalah di atas, penelitian ini menawarkan ide kerangka sistem aset digital pada infrastruktur *blockchain* yang sejalan dengan syariah islam.

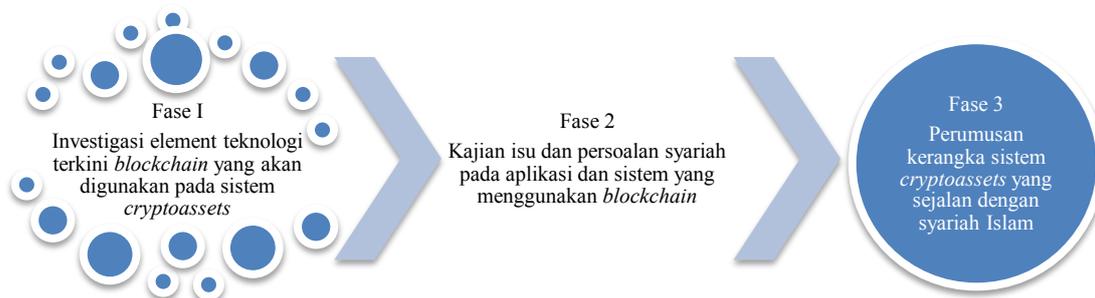
II. METODE PENELITIAN

A. Teknik Pengumpulan Data

Objek penelitian ini adalah aset digital yang dibangun dengan infrastruktur *blockchain* (*cryptoassets*) yang mematuhi prinsip syariah Islam. Penelitian ini merupakan sebuah penelitian eksploratif, yang bertujuan untuk mengeksplorasi dan mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang penerapan prinsip syariah Islam pada aset digital dalam konteks infrastruktur *blockchain* [32]. Metode studi literatur digunakan untuk memahami kerangka konseptual dan landasan teoritis yang relevan [23]. Analisis kasus digunakan untuk mengevaluasi implementasi yang sudah ada dan mengekstrak pengalaman berharga dari proyek-proyek sebelumnya [21]. Studi literatur dan analisis kasus kemudian dikembangkan untuk merancang sebuah kerangka sistem yang dapat mengintegrasikan nilai-nilai syariah [23]. Pendekatan pemahaman tentang prinsip-prinsip syariah yang relevan, menganalisis pandangan ahli syariah, dan menggali perspektif pengguna terhadap implementasi prinsip-prinsip tersebut dalam aset digital dan infrastruktur *blockchain*.

B. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini terdiri tiga fase yang disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar. 1. Tahapan Penelitian

Pada Gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian yang dideskripsikan sebagai berikut:

1. Fase 1: Investigasi element teknologi terkini *blockchain*

Pada fase ini, penelitian difokuskan pada eksplorasi aplikasi, sistem, dan layanan terkini yang memanfaatkan teknologi *blockchain*. Tujuan utama dari fase ini adalah membentuk pemahaman yang kuat tentang teknologi *blockchain* terkini dan menerapkannya dengan cermat dalam konteks *cryptoasset*. Data dikumpulkan melalui studi literatur tentang teknologi *blockchain* terkini, aplikasi, sistem, dan layanan yang menggunakan teknologi ini. Informasi juga mungkin diperoleh dari sumber-sumber online, dokumentasi teknis, dan wawancara dengan ahli teknologi *blockchain*. Kegiatan melibatkan analisis mendalam terhadap infrastruktur *blockchain*, seperti jaringan P2P, rantai blok, dan mekanisme konsensus. Pada tahap ini, peneliti juga mengeksplorasi sistem *cryptoasset* dengan memeriksa pencatatan transaksi, validasi, dan penerapan *smart contract*. Data yang dikumpulkan dievaluasi untuk memahami karakteristik, kelebihan, dan kelemahan teknologi *blockchain* yang digunakan dalam aplikasi dan sistem terkini. Ini melibatkan analisis mendalam tentang bagaimana teknologi *blockchain* diimplementasikan, serta identifikasi potensi konflik dengan prinsip-prinsip syariah. Data yang dievaluasi diinterpretasikan untuk membentuk pemahaman yang lebih baik tentang teknologi *blockchain* terkini dan cara penerapannya dalam konteks *cryptoasset*.

2. Fase 2: Kajian isu dan persoalan syariah pada aplikasi dan sistem yang menggunakan *blockchain*

Langkah berikutnya dalam penelitian ini adalah fase kajian isu dan persoalan syariah terkait aplikasi dan sistem yang menggunakan *blockchain*, khususnya dalam domain *cryptoasset*. Tujuan dari fase ini adalah mendapatkan wawasan menyeluruh tentang potensi konflik syariah dalam penggunaan *blockchain* untuk *cryptoasset*. Data dikumpulkan melalui studi literatur tentang isu dan persoalan syariah yang relevan dengan penggunaan aplikasi dan sistem yang menggunakan *blockchain*, khususnya dalam domain *cryptoasset*. Informasi juga mungkin diperoleh dari studi kasus, perbandingan pandangan syariah di beberapa negara, serta telaah terhadap landasan dan prinsip fikih ahlussunah wal jamaah. Data yang dievaluasi diinterpretasikan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik terkait potensi konflik syariah dalam penggunaan *blockchain* untuk *cryptoasset*. Hasilnya akan digunakan untuk merumuskan rekomendasi dan solusi yang sesuai dengan prinsip-prinsip syariah.

3. Fase 3: Perumusan kerangka sistem *cryptoassets* yang sejalan dengan syariah Islam

Tahap terakhir penelitian ini adalah perumusan kerangka sistem *cryptoassets* yang memadukan elemen teknologi *blockchain* terkini dengan memperhitungkan aspek syariah Islam. Pada fase ini, penelitian mencakup perumusan aturan dan standar untuk memastikan bahwa sistem *cryptoasset* mematuhi prinsip syariah Islam. Tujuan akhir dari fase ini adalah menciptakan landasan yang kokoh bagi pengembangan sistem *cryptoassets* yang tidak hanya teknologis tetapi juga etis dan sesuai dengan nilai-nilai dan prinsip syariah Islam. Data dikumpulkan melalui studi literatur tentang prinsip-prinsip syariah yang relevan untuk pengembangan sistem *cryptoasset*. Informasi juga mungkin diperoleh dari wawancara dengan ahli syariah dan praktisi terkait. Data yang dikumpulkan dievaluasi untuk merumuskan aturan dan standar yang memastikan bahwa sistem *cryptoasset* mematuhi prinsip syariah Islam. Ini melibatkan analisis mendalam terhadap kompatibilitas setiap elemen sistem dengan prinsip-prinsip syariah. Data yang dievaluasi diinterpretasikan untuk merumuskan kerangka sistem *cryptoasset* yang memadukan teknologi *blockchain* dengan mempertimbangkan aspek syariah Islam.

Dalam konteks penelitian yang melibatkan teknologi *blockchain* dan aspek syariah, terdapat beberapa batasan yang mungkin terkait dengan ketersediaan literatur yang relevan dan analisis kasus:

a. Keterbatasan Literatur yang Relevan

Studi literatur mungkin terbatas oleh ketersediaan literatur yang relevan tentang penggunaan teknologi *blockchain* dalam konteks syariah. Informasi yang tersedia terbatas pada penelitian atau publikasi terkait yang belum mencakup semua aspek yang dibutuhkan untuk analisis secara komprehensif. Penelitian tentang aspek syariah dalam teknologi *blockchain* masih terbilang baru, sehingga literatur yang tersedia mungkin masih sedikit. Ini dapat menjadi kendala dalam memperoleh data yang memadai untuk mendukung fase analisis dalam penelitian.

b. Keterbatasan Analisis Kasus

Analisis kasus juga mungkin terbatas oleh ketersediaan kasus-kasus yang relevan yang terdokumentasi dalam literatur. Studi kasus yang ada mungkin tidak mencakup semua varian aplikasi dan sistem yang digunakan dalam pengembangan aset digital dan infrastruktur *blockchain*. Informasi yang terdokumentasi dalam literatur mungkin terbatas pada kasus-kasus yang umum atau terkenal, sementara kasus-kasus yang lebih spesifik atau unik mungkin tidak tersedia dalam literatur yang tersedia.

Penelitian mungkin harus mengakui batasan ini dan mengatasi dengan memperluas ruang pencarian literatur, melibatkan lebih banyak ahli dan praktisi terkait, serta mempertimbangkan analisis berdasarkan data yang tersedia, walaupun terbatas. Selain itu, pendekatan interdisipliner dapat menjadi strategi yang efektif untuk mengatasi keterbatasan literatur dan kasus, dengan memanfaatkan pengetahuan dari berbagai bidang studi untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Investigasi Element Teknologi Terkini Blockchain yang akan Digunakan pada Sistem Cryptoassets

Teknologi *blockchain* memungkinkan terciptanya transaksi *peer-to-peer* yang merupakan pembayaran *online* dikirim langsung dari satu pihak ke pihak lain tanpa melibatkan pihak ketiga atau lembaga keuangan. Pada dasarnya, *blockchain* adalah buku besar digital terdistribusi yang mencatat transaksi setelah memverifikasinya dalam sebuah blok. Blok-blok ini terhubung satu sama lain membentuk rantai yang terus berkembang ketika blok-blok baru ditambahkan ke dalamnya. Dalam jaringan *peer-to-peer blockchain* (*P2P network*), peserta yang memvalidasi transaksi dan menghasilkan blok baru disebut "validator" atau "miner". Untuk mengelola proses pembuatan dan validasi blok baru, digunakan algoritma konsensus. Sebuah *blockchain* adalah rangkaian blok, di mana setiap blok menyimpan daftar lengkap catatan transaksi seperti buku besar umum konvensional. Platform *blockchain* dibangun di atas jaringan *peer-to-peer*, di mana setiap node dalam jaringan menyimpan salinan seluruh rantai blok (*chain of block*) [4], [33], [34].

Karakteristik kunci dari teknologi *blockchain* adalah desentralisasi dan keamanannya. Semua node dalam jaringan *blockchain* memiliki status yang sama. Node-node ini mencapai konsensus dengan menggunakan kesepakatan sebelumnya terhadap aturan dan mengikuti prinsip dominasi mayoritas. Selain itu, *blockchain* bersifat persisten dan dapat diaudit. Transaksi tidak dapat dimanipulasi setelah disimpan dalam *blockchain*. Karena bersifat terdistribusi, *blockchain* dapat menghindari situasi kegagalan titik tunggal. *Blockchain* terbagi menjadi tiga tipe: *public blockchain*, *private blockchain*, dan *consortium blockchain*. Sistem blockchain publik juga dikenal sebagai *blockchain* tanpa izin, sementara dua klasifikasi lainnya masuk dalam kategori *blockchain* berizin [7], [21], [25].

Elemen inti dari setiap aplikasi *Blockchain* adalah algoritma konsensusnya karena mengendalikan bagaimana *blockchain* berfungsi. Tujuan utama penggunaan algoritma konsensus adalah menyelesaikan masalah keandalan dalam jaringan yang melibatkan banyak node yang tidak dapat diandalkan. Salah satu karakteristik utama dari algoritma konsensus adalah metode insentif atau imbalan. Pada dasarnya, ketika validator atau penambang memvalidasi dan membuat blok baru, mereka diberikan beberapa insentif atau imbalan atas partisipasi mereka. Pada beberapa jenis algoritma konsensus, partisipan diharuskan untuk mempertaruhkan sejumlah uang agar dapat berpartisipasi dalam proses konsensus. Secara khusus, algoritma konsensus menggunakan konsep imbalan dan pertaruhan uang untuk mengamankan proses konsensus dari partisipan yang jahat [8], [20], [35], [36].

Pengembangan teknologi terkini dalam sistem *cryptoassets* mencakup sejumlah elemen kunci yang menjadi fokus penelitian. Salah satu aspek yang signifikan adalah penerapan konsensus *Proof-of-Stake* (PoS) sebagai alternatif terhadap *Proof-of-Work* (PoW) [9], [34]. PoS menjanjikan efisiensi energi yang lebih baik dan mengurangi kebutuhan daya komputasi tinggi. Selain itu, keamanan dan kehandalan *smart contracts* menjadi fokus utama, mengingat peran krusialnya dalam mencegah kerentanan dan kelemahan yang dapat dimanfaatkan oleh pihak jahat. *Smart Contract* adalah perjanjian antara dua orang dalam bentuk kode komputer [9]. *Smart contract* berjalan di jaringan *blockchain*, sehingga disimpan pada database publik dan tidak dapat diubah. Transaksi yang terjadi dalam *smart contract* diproses oleh *blockchain*, yang berarti *smart contract* dapat dikirim secara otomatis tanpa pihak ketiga (bank, pemerintah, broker, dll). Transaksi hanya terjadi ketika kondisi dalam perjanjian terpenuhi. Dengan tidak adanya pihak ketiga, maka tidak ada entitas yang perlu dipercayai dalam menjalankan *smart contract* [11], [21], [37].

Skalabilitas *blockchain* juga menjadi aspek penting dalam penelitian, dengan eksplorasi solusi seperti *sharding* atau *sidechains* untuk meningkatkan kinerja dan kecepatan transaksi tanpa mengorbankan desentralisasi [14]. Interoperabilitas antar-*blockchain* juga menjadi tujuan, membuka pintu bagi ekosistem *blockchain* yang lebih terhubung. Aspek privasi dan keamanan juga menjadi fokus, dengan pengembangan teknologi privasi seperti *zero-knowledge proofs* dan teknik enkripsi inovatif [38]. Tokenisasi aset tradisional, seperti saham atau properti, menjadi bidang penelitian yang berkembang, menggambarkan potensi *blockchain* dalam mengubah model kepemilikan dan perdagangan aset [2]. *Governance delegatif*, sebagai mekanisme pengambilan keputusan dalam *blockchain*, juga menjadi area penelitian yang signifikan [4]. Sistem yang menyediakan representasi yang adil dan partisipasi dalam pengelolaan jaringan *blockchain* menjadi fokus utama. Keberlanjutan dan lingkungan, merespons kekhawatiran terhadap dampak lingkungan dari operasi *blockchain*. Pengembangan solusi yang ramah lingkungan atau menggunakan energi terbarukan menjadi area penting dalam memastikan keberlanjutan teknologi *blockchain* [39]. Melalui investigasi terhadap elemen-elemen ini, diharapkan teknologi *blockchain* dapat terus berkembang untuk mendukung sistem *cryptoassets* yang lebih efisien, aman, dan sesuai dengan prinsip-prinsip keuangan syariah.

B. Kajian Isu dan Persoalan Syariah pada Aplikasi dan Sistem yang Menggunakan Blockchain

Secara global, penggunaan *cryptocurrency* terus meningkat dan mencapai lebih dari 30 juta pengguna pada kuartal keempat tahun 2018. Namun, sebagian besar pengguna berbasis di Eropa dan Amerika Utara [16], [25]. Fakta menunjukkan bahwa negara-negara Muslim termasuk yang terendah dalam penggunaan *cryptocurrency* [23]. Ada tiga alasan utama rendahnya penggunaan *cryptocurrency* [3], [23], [40]. Pertama, beberapa pemerintah enggan mengadopsi *cryptocurrency* karena mengklaim dapat digunakan dalam pencucian uang, tidak ada pihak terpercaya, dan sulit diaudit serta dikenakan pajak transaksi *cryptocurrency*. Kedua, masyarakat skeptis karena spekulasi mata uang yang tinggi, kurang pemahaman, volatilitas, teknofobia, dan kurangnya penerimaan pemerintah. Ketiga, umat Islam tidak secara luas mengadopsi *cryptocurrency* karena khawatir tentang transaksi non-Islam, *cryptocurrency*, platform *blockchain*, dan aktivitas keuangan. Meskipun di banyak negara Muslim pemerintah dan masyarakat enggan menerima *cryptocurrency*, kita masih membutuhkan *cryptocurrency* atas beberapa alasan. Di masa depan, *Cryptocurrency* akan diterima secara global dan komunitas Muslim seharusnya menjadi bagian dari evolusi ekonomi yang akan datang. Dengan menggunakan *cryptocurrency*, transaksi cepat dapat dicapai dan pengembalian dana serta penipuan dapat dihindari. *Cryptocurrency* mendukung kebijakan tanpa uang tunai dan membantu orang untuk menghemat uang.

Pada tahun 2018 *Library of Congress* mengungkapkan, delapan negara secara tegas melarang penggunaan mata uang kripto, termasuk Aljazair, Mesir, Maroko, Bolivia, Nepal, Uni Emirat Arab, dan Pakistan. Di negara-negara lain, seperti Bangladesh, Bahrain, Kolombia, Iran, dan termasuk Indonesia, larangan terhadap mata uang kripto lebih bersifat tidak langsung [19]. Di Indonesia, penggunaan mata uang kripto untuk transaksi domestik dianggap tidak sah. Sesuai dengan Pasal 1 Ayat 1 Undang-Undang No. 7 tahun 2011 tentang Mata Uang, hanya mata uang Rupiah yang diakui sebagai alat pembayaran yang sah di Indonesia [41]. Larangan ini diperkuat melalui Peraturan Bank Indonesia Nomor 18/40/PBI/2016 tentang Pelaksanaan Pengolahan Transaksi Pembayaran [24]. Namun demikian, *cryptocurrency* tidak dilarang di Indonesia. Pemerintah, melalui Bank Indonesia, memperbolehkan penggunaan *cryptocurrency* sebagai aset yang dapat disimpan atau diperdagangkan dengan risiko yang ditanggung oleh individu masing-masing. Bukti dari hal ini adalah izin pendirian Bitcoin Indonesia, yang sekarang dikenal sebagai Indonesia *Digital Asset Exchange* (Indodax) [22]. Payung hukum terkait penggunaan mata uang kripto sebagai aset investasi dan perdagangan dikeluarkan pada bulan Mei tahun 2018 oleh Badan Pengawas Perdagangan Berjangka Komoditi Indonesia (BAPPEBTI). Hal ini disampaikan melalui Peraturan Nomor 5 tahun 2018 yang memperbarui ketentuan dari Peraturan BAPPEBTI Nomor 99 tahun 2012 tentang Penerimaan Nasabah Secara Elektronik *On-Line* di Bidang Perdagangan Berjangka Komoditi [22].

Sebagai isu baru yang berkaitan dengan masyarakat Muslim, mata uang kripto dievaluasi oleh banyak sarjana Muslim dari perspektif syariah. Para sarjana Muslim memiliki dua pandangan utama yang berbeda dalam masalah mata uang kripto ini. Beberapa sarjana fokus pada evaluasi konsep mata uang kripto, sementara yang lain memperluas evaluasi mereka pada penggunaan mata uang kripto. Dalam melihat konsep mata uang kripto, sebagian besar sarjana setuju bahwa mata uang kripto memenuhi persyaratan mata uang dalam Islam. Setidaknya, tiga "fatwa" (pengumuman hukum Islam) ini dapat digunakan sebagai referensi utama [22], [23], [28].

(Fatawa Islam, No. 219328)

النقود الإلكترونية هي نقود عادية متطورة ، وهي وإن كانت لا تتشابه معها في الشكل ، فإنها تتفق معها في المضمون . وهذه النقود الإلكترونية تأخذ حكم العملة التي تم تخزينها بها

Mata uang elektronik adalah mata uang dalam dunia digital. Meskipun bentuknya tidak sama dengan mata uang lainnya, namun dilihat dari sisi nilai yang dijamin, statusnya sama. Oleh karena itu, uang elektronik ini dianggap sebagai 'jumlah (mata uang) yang dapat disimpan.

(Fatawa Syabakah Islamiyah, No 191641)

فالعلة الرقمية، أو النقود الإلكترونية عمالات في شكل إلكتروني غير الشكل الورقي، أو المعدني المعتاد. وعلى ذلك فشرؤها بعملة مختلفة معها في الجنس أو متفقة بعد صرفاً

Mata uang elektronik adalah mata uang dalam bentuk digital, berbeda dengan mata uang kertas atau mata uang berbasis logam, seperti yang umumnya terjadi. Oleh karena itu, membeli mata uang digital dengan mata uang lainnya, termasuk transaksi sharf (transaksi mata uang).

(Fatawa Syabakah Islamiyah no. 251170)

فمن ملك شيئاً من تلك النقود الإلكترونية بوسيلة مشروعة، فلا حرج عليه في الانتفاع بها فيما هو مباح

Siapa yang memiliki mata uang digital itu dengan cara yang disyariatkan (mubah), maka tidak masalah untuk dimanfaatkan, untuk keperluan yang mubah.

Berikut adalah rangkuman pendapat beberapa ulama muslim yang sangat dihormati mengenai konsep *cryptocurrency* [3][42]:

- a. Datuk Dr. Mohd Daud Bakar (*Chairman Eksekutif Amanie Advisors dan Ketua Dewan Penasihat Syariah BNM serta Ketua Dewan Penasihat Syariah SC*). Beliau menekankan bahwa *cryptocurrency* adalah syariah-compliant dan memenuhi semua syarat konsep mata uang dalam Islam. Selain itu, beliau menganggap bahwa volatilitas *cryptocurrency* seharusnya tidak menjadi alasan untuk melarangnya, dan hal tersebut tidak memainkan peran dalam menentukan status kepatuhan syariah. Beliau memberikan contoh emas, yang nilainya tidak stabil, namun hal tersebut tidak berarti bahwa penjualan emas seharusnya dilarang. Terkait risiko pencucian uang yang terkait dengan *cryptocurrency*, beliau menyatakan bahwa uang kertas juga terkena risiko pelanggaran hukum sebelum beberapa aturan dan regulasi diperkenalkan untuk mengatasi masalah tersebut. Oleh karena itu, alih-alih melarang *cryptocurrency*, langkah-langkah seharusnya diambil untuk memperkenalkan aturan dan regulasi guna mengatur stabilitas nilai dan mengelola transaksi.
- b. Dr. Zaharuddin Abd Rahman (*CEO Elzar Shariah Advisory Sdn Bhd*). Beliau menyatakan bahwa *cryptocurrency* dapat digunakan dalam transaksi perdagangan karena sesuai dengan karakteristik mata uang yang diuraikan oleh Islam, meskipun bukan alat pembayaran yang sah (yaitu mata uang yang dikeluarkan oleh otoritas negara). Beliau menyarankan agar sistem *cryptocurrency* ditingkatkan untuk menjaga nilainya dan melawan inflasi, dan untuk dijual kembali saat membutuhkan uang tunai di masa depan, dan sebaiknya tidak disimpan sebagai bentuk investasi. Beliau juga menambahkan bahwa penting bagi siapa pun yang ingin terlibat dengan *cryptocurrency* untuk memiliki pemahaman yang mendalam dan tidak terjebak dalam berbagai penipuan yang muncul belakangan ini. Terakhir, beliau juga berharap agar bitcoin lebih stabil di masa depan.
- c. Mufti Muhammad Abu Bakar (*Mufti Wilayah Persekutuan*). Berdasarkan penelitian yang dilakukannya terkait Analisis Syariah tentang *Cryptocurrency*, dan *Blockchain*, beliau cenderung mengizinkan penggunaan *cryptocurrency* dengan beberapa syarat. Syarat pertama, *cryptocurrency* hanya diperbolehkan di negara-negara yang tidak melarang transaksi bitcoin. Jika hukum negara melarang, maka dari sudut pandang syariah, itu dianggap terlarang. Syarat kedua *cryptocurrency* harus dijual/digunakan sebagai mata uang sesuai dengan tujuan awal pembuatannya, bukan sebagai aset investasi. Beliau juga menyarankan konsumen untuk waspada terhadap skema penipuan yang mencoba menipu konsumen dengan janji keuntungan ganda atas nama investasi *Cryptocurrency*, serta risiko kerugian yang akan dihadapi mengingat volatilitas nilai pasar.

Di sisi lain, ulama Muslim yang melarang *cryptocurrency* fokus pada isu-isu terkait penyalahgunaan *cryptocurrency* seperti pencucian uang, skema cepat kaya (penipuan), pendanaan kegiatan teroris, dan kejahatan siber. Selain itu, mereka berpendapat bahwa ketiadaan badan berwenang yang mengatur mata uang tersebut juga dapat mengundang berbagai konsekuensi negatif yang dapat mengganggu sistem mata uang resmi di suatu negara. Oleh karena itu, pembatasan penggunaan *cryptocurrency* didasarkan pada metode *Sadd al-Zarai* (menutup jalan yang dapat menimbulkan bahaya) agar tidak merugikan masyarakat umum [19]. Telaah terhadap landasan-landasan dan prinsip-prinsip fikih ahlusunah wal jamaah yang berkaitan dengan *cryptoasset*.

Islam memiliki metode dan sumber rujukan tersendiri dalam menetapkan hukum terkait *cryptocurrency*. Sumber utama terdiri dari Al-Quran dan al-Hadits, yang dianalisis oleh para mujtahid untuk menetapkan hukum. Selain itu, para mujtahid juga menggunakan metode lain seperti *qiyas*, *maslahah mursalah*, *ad-zariah*, dan metode lainnya. Proses penentuan hukum syar'i ini dikenal sebagai ilmu ushul fiqh, yang merupakan kajian tentang prinsip-prinsip dasar dalam menetapkan hukum Islam yang dijelaskan sebagai berikut [19], [23], [28], [29].

1) Penghindaran Larangan *Gharar*, *Maisir*, dan *Riba*

Ayat al-Qur'an yang mencerminkan aktivitas ekonomi secara umum, termasuk dalam konteks *cryptocurrency*, dijelaskan dalam surat an-Nisa' ayat 29:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا لَا تَأْكُلُوا أَمْوَالَكُمْ بَيْنَكُمْ بِالْبَاطِلِ إِلَّا أَنْ تَكُونَ تِجَارَةً عَنْ تَرَاضٍ مِّنْكُمْ وَلَا تَقْتُلُوا أَنْفُسَكُمْ إِنَّ اللَّهَ كَانَ بِكُمْ رَحِيمًا ﴿٢٩﴾

Artinya: “Wahai orang-orang yang beriman! Janganlah kamu saling memakan harta sesamamu dengan jalan yang batil (tidak benar), kecuali dalam perdagangan yang berlaku atas dasar suka sama suka di antara kamu. Dan janganlah kamu membunuh dirimu. Sungguh, Allah Maha Penyayang kepadamu”.

Ayat tersebut menegaskan pentingnya menjauhi segala bentuk aktivitas transaksi yang mengandung kebatilan. Istilah "*batil*" sendiri memiliki makna yang luas, mencakup transaksi yang tidak sesuai dengan nilai-nilai Islam atau melanggar ajaran agama. Kata "*batil*" berasal dari akar kata "*bathala-yabthulu-bathlan*", yang secara terminologi merujuk pada sesuatu yang tidak bermanfaat baik di dunia maupun di akhirat, berlawanan dengan kebenaran (*haqq*). Dalam konteks tafsir al-Munir, "*batil*" diartikan sebagai cara yang dilarang dalam syariat Islam, termasuk transaksi *ribawi*, *maysir* (judi), *gharar* (ketidakpastian), dan lainnya. Konsekuensi dari transaksi yang mengandung unsur *batil* adalah kesepakatan tersebut menjadi rusak dan tidak berlaku. Dalam penggunaan mata uang kripto, banyak pengguna cenderung menggunakannya untuk spekulasi dan perdagangan guna meraih keuntungan, yang dalam Islam dapat mengandung unsur *gharar*, *maysir*, dan *riba*. Hal ini sesuai dengan ayat al-Maidah ayat 50 yang menjelaskan tentang larangan terhadap transaksi yang melanggar prinsip-prinsip syariat.

أَفَحُكْمَ الْجَاهِلِيَّةِ يَبْغُونَ وَمَنْ أَحْسَنُ مِنَ اللَّهِ حُكْمًا لِّقَوْمٍ يُوقِنُونَ ﴿٥٠﴾

Artinya: “Wahai orang-orang yang beriman! Sesungguhnya minuman keras, berjudi, (berkorban untuk) berhala, dan mengundi nasib dengan anak panah, adalah perbuatan keji dan termasuk perbuatan setan. Maka jauhilah (perbuatan-perbuatan) itu agar kamu beruntung”.

Dalam hadis yang diriwayatkan oleh Abu Hurairah, Rasulullah Shallallahu 'alaihi wa sallam melarang praktik jual-beli *al-hashah* dan jual-beli yang mengandung unsur *gharar*. Dalam konteks ini, *gharar* merujuk pada ketidakpastian atau ketidakjelasan dalam suatu transaksi, yang dapat menyebabkan ketidakadilan atau ketidakseimbangan di antara pihak yang terlibat. Larangan ini sejalan dengan prinsip-prinsip syariat Islam yang menekankan keadilan, kepastian, dan ketelitian dalam bertransaksi.

Mata uang kripto saat ini masih mengandung volatilitas dengan fluktuasi harga yang tinggi, sehingga seringkali diidentikkan dengan spekulasi atas perbedaan harga. Hal ini menyebabkan munculnya niat untuk memperoleh keuntungan dari fluktuasi harga, yang termasuk dalam unsur *gharar* dan *maysir* jika digunakan untuk investasi dan perdagangan *cryptocurrency*. Dalam menetapkan hukum terkait *cryptocurrency*, dapat dibandingkan dengan hadis Imam Malik yang melarang jual-beli *hablu al-habla*. Praktik ini merujuk pada jual-beli yang dilakukan oleh masyarakat *Jahiliyyah*, di mana seseorang menjual janin unta yang masih berada dalam kandungan induknya. Larangan ini disebabkan oleh ketidakjelasan (*jahalah*) mengenai sifat dan karakter janin tersebut, yang menyebabkan adanya unsur spekulasi (untung-untungan). Transaksi *cryptocurrency* bisa dianalogikan dengan transaksi *hablu al-habla*, dengan '*ashlnya*' adalah jual-beli *hablu al-habla* dan '*far'unnya*' adalah jual-beli mata uang kripto. Hukumnya dianggap haram karena memiliki kesamaan dalam hal ketidakjelasan (*jahalah*), baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Sistem keuangan Islam melarang sejumlah aktivitas keuangan yang melibatkan salah satu elemen ini.

i. Ketidakpastian dan ambiguitas (*gharar*): Aturan keuangan Islam melarang partisipasi kontrak dengan risiko berlebihan dan/atau ketidakpastian. Istilah *gharar* digunakan untuk mengukur legitimasi risiko atau investasi yang bersifat tidak pasti. *Gharar* digunakan untuk mengukur legitimasi penjualan berisiko atau investasi berisiko terkait penjualan pendek, penjualan barang atau aset dengan kualitas atau pengiriman yang tidak pasti, atau kontrak yang tidak diuraikan dalam istilah yang jelas.

- ii. Spekulasi (*maysir*): Syariah dengan tegas melarang segala bentuk perjudian atau spekulasi, yang disebut sebagai *maysir*. Oleh karena itu, lembaga keuangan Islam tidak dapat terlibat dalam kontrak di mana kepemilikan barang bergantung pada suatu peristiwa yang tidak pasti di masa depan. Ini juga didefinisikan sebagai "perolehan kekayaan secara kebetulan (bukan karena usaha)".
- iii. Pembayaran atau pemberlakuan bunga: Menurut hukum Syariah, bunga dianggap sebagai *riba*, yang secara tegas dilarang. Bunga tidak dapat diterima dalam bentuk apa pun, termasuk uang, untuk meningkatkan nilainya hanya dengan dipinjamkan kepada orang lain. Namun, Syariah tidak melarang pengembalian modal dengan syarat penyedia bersedia berbagi risiko usaha produktif. Ada dua jenis utama *riba* yaitu *riba duyun* merupakan peningkatan yang tidak adil dalam uang yang dipinjamkan, baik dalam bentuk barang atau uang, di atas jumlah pokok dan *riba buyu* yang terjadi dalam transaksi perdagangan dan pertukaran, di mana pertukaran tidak seimbang dari komoditas tertentu (emas, perak, kurma, dll.) dengan jenis dan dasar yang sama.

2) Prinsip Pertukaran Sama Nilai

Konsep penggunaan mata uang kripto sebagai alat transaksi dapat ditemukan dalam hadis Ubadah bin Shamit r.a., di mana disebutkan bahwa dalam pertukaran emas dengan emas, perak dengan perak, dan sebagainya, nilai atau takarannya harus sama dan transaksi dilakukan secara tunai. Mata uang kripto bisa dianggap analog dengan pertukaran emas dan perak tersebut, dan pertukaran mata uang kripto dengan mata uang lainnya seperti dolar atau rupiah dalam ilmu fiqih disebut sebagai *sharf*. Menurut Imam Ibn Taymiyah, uang merupakan benda yang disepakati untuk digunakan sebagai alat tukar, tidak peduli dari apapun bentuknya. Ini berarti, penggunaan mata uang kripto pada dasarnya diperbolehkan. Namun, menurut Imam Al-Ghazali, penggunaan mata uang harus disetujui dan diakui oleh otoritas pemerintah, serta dianggap sebagai alat pembayaran yang sah dan resmi.

3) Pertimbangan Kemafsadatan dan Keberkahan

Imam al-Syaitibi mengemukakan tiga kriteria dalam menentukan larangan suatu perbuatan dalam *sadd adzariah*. Pertama, perbuatan yang semula diperbolehkan menjadi terlarang jika menyebabkan kemafsadatan. Kedua, jika tingkat kemafsadatan lebih besar daripada manfaatnya. Ketiga, jika perbuatan yang diperbolehkan lebih banyak mengandung unsur kemafsadatannya.

Mata uang kripto telah menjadi perdebatan di masyarakat global, baik dari sudut pandang hukum positif maupun syariah Islam. Fluktuasi harga yang tinggi dan ketidakpastian mata uang ini menjadi fokus utama. Dalam prinsipnya, syariah Islam memperbolehkan segala sesuatu dalam muamalah, kecuali ada dalil yang mengharamkannya. Meskipun demikian, penggunaan mata uang kripto telah diterima oleh masyarakat, menunjukkan bahwa penggunaan tersebut dapat diterima secara umum. Namun, penting untuk melihat mata uang kripto dari berbagai aspek, bukan hanya dari sudut pandang umum, tetapi juga dari segi keberadaannya secara menyeluruh.

Sebagaimana yang telah dijelaskan bahwa nilai mata uang kripto sering mengalami fluktuasi yang cepat dan tinggi, yang menimbulkan kekhawatiran akan terjadinya gelembung ekonomi (*bubble economic*) karena adanya spekulasi dari para pengguna. Selain itu, mata uang kripto juga memiliki unsur ketidakjelasan (*jahalah*) dan sering digunakan untuk kegiatan trading yang dapat melibatkan unsur *maysir* dan *riba*, di mana para trader membeli saat harga rendah dengan harapan menjualnya saat harga tinggi. Mata uang kripto cenderung digunakan lebih sebagai alat spekulasi daripada investasi yang murni.

Beberapa aspek kemafsadatan dari penggunaan mata uang kripto termasuk risiko terjadinya gelembung ekonomi yang dapat merugikan masyarakat secara luas. Selain itu, mata uang kripto tidak diatur oleh otoritas pemerintah pusat dan kurang mendapat pengawasan atau monitoring yang memadai, sehingga berpotensi digunakan untuk kegiatan pencucian uang, pendanaan terorisme, dan aktivitas ilegal lainnya. Dengan demikian, dari perspektif hukum Islam, penggunaan mata uang kripto dapat dianggap memiliki dampak negatif yang lebih besar daripada manfaatnya (*sadd adzariah*). Prinsip dalam fiqih menegaskan bahwa menolak kemafsadatan lebih utama daripada mewujudkan kemaslahatan. Keuangan Islam didasarkan pada dua prinsip penting yaitu keuangan Islam mensyaratkan bahwa semua transaksi harus memiliki aset dasar dan Islam tidak menentang pembayaran keuntungan, tetapi menentang pembayaran tetap yang telah ditentukan sebelumnya. Dengan demikian, keuntungan dari perdagangan dan investasi produktif sangat dianjurkan dalam Islam. Pihak yang terlibat dalam kontrak keuangan Islam berbagi keuntungan/kerugian dan risiko terkait transaksi tersebut. Sistem keuangan Islam melarang sejumlah aktivitas keuangan yang melibatkan salah satu elemen ini.

4) Pertimbangan Keterlibatan dalam Bisnis yang Dilarang

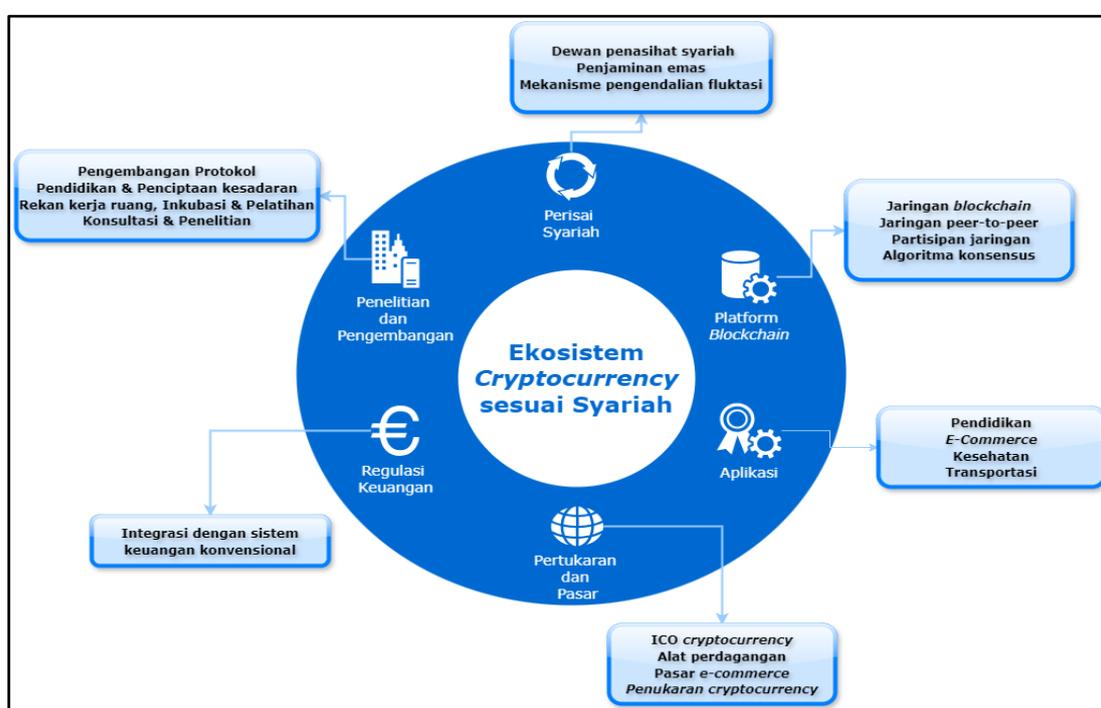
Sistem keuangan Islam memperbolehkan sejumlah aktivitas keuangan yang melibatkan investasi, namun melarang investasi dalam bisnis yang terlibat dalam aktivitas terlarang menurut prinsip-prinsip Islam, seperti produksi dan penjualan minuman beralkohol atau daging babi. Oleh karena itu, berinvestasi dalam aktivitas semacam itu juga dilarang dalam Islam.

5) Keterlibatan Dewan Syariah

Kuangan Islam adalah jenis kegiatan pembiayaan yang wajib mematuhi Syariah (Hukum Islam). Fokus sentral dari keuangan Islam adalah kepatuhan terhadap Syariah, dan ciri khas yang menonjol dari keuangan Islam adalah pendirian dewan pengawas atau penasihat Syariah untuk memberi nasihat kepada lembaga keuangan Islam (LKI), perusahaan asuransi Islam, dana Islam, dan penyedia layanan lainnya yang menawarkan produk keuangan Islam. Pendirian dewan, yang pendapatnya mengikat semua LKI, diperlukan untuk membimbing lembaga-lembaga tersebut menuju kepatuhan terhadap Syariah. Sebuah lembaga tidak dapat mengklaim melakukan bisnis keuangan Islam kecuali jika dan hanya jika itu mendirikan dewan Syariah atau komite yang terdiri dari para ulama yang berkualifikasi dan memiliki keterampilan yang diperlukan.

C. Perumusan Kerangka Sistem *Cryptoassets* yang Sejalan dengan Syariah Islam

Rumuskan aturan dan standar sistem *Cryptoassets* yang sepenuhnya memenuhi prinsip-prinsip Syariah Islam dengan enam pilar utama yang terlibat dalam ekosistem *Cryptoassets*, yaitu Perisai Syariah, Platform *Blockchain*, Aplikasi, Pertukaran dan Pasar, Regulasi Keuangan, serta Regulasi Keuangan. Pada Gambar 2 ditampilkan perumusan Enam pilar pada ekosistem *cryptocurrency* tersebut sebagai kerangka sistem *cryptoassets* yang sejalan dengan syariah Islam.



Gambar. 2. Kerangka Sistem *Cryptocurrency* sesuai Syariah

Berikut pada Gambar 2 penjelasan detail dari enam pilar kerangka sistem *cryptocurrency* sesuai syariah:

a. Perisai Syariah

Pilar Pelindung Syariah bertujuan untuk memenuhi persyaratan sebagai ekosistem yang sesuai dengan prinsip syariah. Terdiri dari tiga komponen utama yaitu dewan penasihat syariah, penjaminan emas, dan mekanisme pengendalian fluktuasi. Dewan Penasihat Syariah berfungsi untuk memonitor semua tahapan pengembangan dan penggunaan *cryptocurrency* untuk memastikan keseluruhan sesuai dengan persyaratan syariah. Penjaminan emas diperkenalkan untuk menjaga nilai *cryptocurrency*. Nilai *cryptocurrency* yang didukung oleh emas tidak akan turun di bawah nilai emas. Dengan demikian, *cryptocurrency* yang didukung oleh emas memberikan perlindungan lebih terhadap kekayaan masyarakat dan meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap sistem *cryptocurrency*. Komponen mekanisme pengendalian fluktuasi diperlukan untuk mengurangi efek spekulasi yang tidak stabil dalam penggunaan *cryptocurrency*. Komponen ini mengendalikan harga *cryptocurrency* berdasarkan beberapa faktor seperti permintaan pasar, harga emas, dan status ekonomi. Bergantung pada beberapa faktor mengurangi efek spekulasi dan risiko pasar *cryptocurrency*.

b. Platform *Blockchain*

Platform *blockchain* adalah teknologi dasar yang menampung pembuatan *cryptocurrency* dan semua transaksi terkait. Ini juga merupakan platform untuk menyimpan semua data dan catatan terkait dengan akun *cryptocurrency*, catatan dan riwayat transaksi. Untuk melakukan transaksi, partisipan jaringan *blockchain*

perlu mencapai konsensus untuk menerima transaksi. Oleh karena itu, komponen utama dari platform *blockchain* adalah jaringan *blockchain*, jaringan fisik *peer-to-peer*, partisipan jaringan, dan algoritma konsensus yang digunakan. Untuk menyediakan ekosistem *cryptocurrency* yang sesuai dengan syariah, semua jenis transaksi di platform *blockchain* harus disetujui oleh dewan penasihat syariah. Selain itu, dalam beberapa kasus, partisipan jaringan menerima imbalan atas validasi transaksi melalui algoritma konsensus, sistem imbalan tersebut perlu disetujui oleh dewan penasihat syariah untuk menghindari aktivitas keuangan non-Islam.

c. Aplikasi

Cryptocurrency yang sesuai dengan syariah dapat digunakan dalam banyak sektor seperti pendidikan, *e-commerce*, kesehatan, dan transportasi. Penggunaan *cryptocurrency* tidak terbatas pada transaksi keuangan saja, tetapi juga dapat digunakan sebagai sistem pengumpulan poin dan penghargaan. Selain itu, platform *blockchain* yang digunakan dapat dimanfaatkan sebagai database terdistribusi untuk menyimpan data dan catatan klien.

d. Pertukaran dan Pasar

Pilar ini mencakup masalah yang terkait dengan ICO *cryptocurrency*, alat perdagangan, pasar *e-commerce*, dan penukaran *cryptocurrency*. Karena ini merupakan bagian dari siklus hidup *cryptocurrency*, semua aktivitas keuangan yang terlibat dalam komponen-komponen ini harus sesuai dengan syariah dan disetujui oleh dewan penasihat syariah.

e. Regulasi Keuangan

Mengingat bahwa *cryptocurrency* tidak dapat beroperasi secara independen dan masih memerlukan interaksi dengan sistem keuangan konvensional, diperlukan regulasi tertentu untuk mengontrol integrasi dan interaksi tersebut. Untuk memastikan kesesuaian dengan prinsip-prinsip syariah, regulasi yang diperkenalkan harus mendapatkan persetujuan dari dewan penasihat syariah.

f. Penelitian dan Pengembangan

Selain pengembangan *cryptocurrency*, masih banyak masalah yang memerlukan penelitian intensif dan analisis agar dapat disetujui dari perspektif syariah. Di komunitas muslim, banyak orang menghindari segala hal yang terkait dengan *cryptocurrency* karena mereka tidak percaya pada sistem *cryptocurrency* dan menganggapnya sebagai hal yang terlarang. Oleh karena itu, menciptakan atau meningkatkan kesadaran komunitas muslim sangat penting untuk menyampaikan produk *cryptocurrency* yang sesuai syariah kepada sektor pengguna yang luas. Karena masalah dan tantangan baru mungkin muncul di masa depan, pekerjaan penelitian dan pengembangan harus berkelanjutan. Dalam konteks ekosistem *cryptocurrency* sesuai syariah, pengembangan protokol memiliki peran krusial. Ini mencakup perancangan aturan dan tata cara dalam menggunakan *cryptocurrency* yang mematuhi prinsip-prinsip syariah, termasuk fitur transparansi, keadilan, dan ketertelusuran. Selain itu, pendidikan dan penciptaan kesadaran menjadi aspek penting untuk memastikan bahwa masyarakat, terutama di komunitas Muslim, memahami konsep dan prinsip syariah yang relevan dengan penggunaan *cryptocurrency*. Ruang kerja bersama, inkubasi, dan pelatihan juga menjadi fokus, dengan tujuan membentuk kerjasama, menyediakan lingkungan pertumbuhan ekosistem *cryptocurrency* sesuai syariah, dan memberikan pelatihan untuk memahami serta mengikuti prinsip-prinsip syariah. Di samping itu, konsultasi dan penelitian terus dilakukan agar kebijakan dan produk *cryptocurrency* tetap sesuai syariah.

Beberapa penelitian terdahulu yang memberikan konteks dan fondasi untuk perumusan kerangka sistem aset digital pada infrastruktur *blockchain* sesuai syariah islam. Pada tahun 2020, Ahmed Aliyu et al. melakukan studi untuk mengatasi kritik terkait kepatuhan dengan hukum syariah Islam dalam fase *cryptocurrency* seperti ICO dan penciptaan *blockchain*. Melalui metode tinjauan *cryptocurrency* yang sesuai dengan syariah, para penulis bertujuan untuk menilai kepatuhan *cryptocurrency* terhadap persyaratan syariah. Hasil studi mengidentifikasi ketidaksesuaian antara klaim kepatuhan syariah dan tingkat volatilitas dan spekulasi aktual dalam *cryptocurrency* yang ada [3]. Adeel nasir et al. melakukan analisis bibliometrik pada tahun 2021 untuk mengidentifikasi aspek yang berpengaruh dan konseptual dari literatur *blockchain* dan *cryptocurrency*. Dengan menganalisis dokumen terkait dari tahun 2015 hingga 2020, para penulis mengusulkan tiga aliran penelitian. Studi tersebut memisahkan tema menjadi inti dan tema yang sangat berkembang, memberikan wawasan tentang arah masa depan penelitian *blockchain* dan *cryptocurrency* [8]. Pada tahun 2021, Andrea Delle Foglie et al. menyelidiki peluang potensial untuk penerbitan Sukuk dan industri sekuritisasi menggunakan *Distributed Ledger Technologies* (DLTs). Melalui analisis studi kasus tentang Proyek Sukuk Pintar Berbasis *Blockchain* dan tokenisasi, para penulis berusaha untuk mengidentifikasi potensi penyederhanaan proses penyelidikan dan penerbitan. Studi tersebut berkontribusi pada literatur tentang Sukuk dan DLTs, menyoroti peluang baru untuk standarisasi keuangan islam [21]. Shamil Shovkhalov dan Hussein Idrisov melakukan studi pada tahun 2021 untuk menganalisis *cryptocurrency* sebagai fenomena baru dalam lanskap ekonomi dan hukum global. Studi tersebut terdiri dari tiga bagian: tinjauan tentang

cryptocurrency sebagai kategori ekonomi, analisis hukum, dan persepsi Islam. Hasilnya menyoroti sifat kontroversial *cryptocurrency*, kurangnya regulasi hukum yang konsisten, dan diskusi yang sedang berlangsung tentang kebolehannya dalam hukum Islam [40]. Pada tahun 2022, Muneer M. Alshater et al. meninjau pengembangan penelitian *Islamic FinTech* dan mengidentifikasi manfaat dan hambatan potensial. Dengan menggunakan pendekatan gabungan yang menggabungkan analisis bibliometrik dan konten dari 85 dokumen, studi tersebut mengkategorikan output penelitian ke dalam empat aliran. Para penulis menyoroti perlunya mengintegrasikan *FinTech* ke dalam keuangan Islam dan mengatasi hambatan seperti kurangnya regulasi hukum dan literasi keuangan [23].

Dari kelima penelitian sebelumnya, informasi yang relevan untuk penelitian ini telah diidentifikasi. Pertama, penelitian tentang *Cryptocurrency* Syariah memberikan wawasan tentang tantangan kepatuhan terhadap prinsip syariah Islam, seperti volatilitas dan spekulasi. Kedua, analisis tentang dampak teknologi *blockchain* pada Industri Sukuk menunjukkan bagaimana teknologi *blockchain* dapat diterapkan dalam keuangan syariah, termasuk penerbitan Sukuk. Ketiga, penelitian Bibliometrik tentang *Blockchain* dan *Cryptocurrency* mengidentifikasi tema-tema penting yang relevan, seperti privasi dan keamanan data, untuk memandu pembentukan kerangka sistem aset digital yang sesuai syariah. Keempat, studi tentang *Fintech* dalam literatur keuangan Islam menyoroti pentingnya inklusi keuangan dalam konteks syariah. Terakhir, analisis ekonomi dan hukum tentang *cryptocurrency* memberikan wawasan tentang tantangan regulasi, termasuk dalam konteks hukum Islam. Secara keseluruhan, hasil dari penelitian-penelitian ini memberikan landasan penting untuk pengembangan kerangka sistem aset digital yang sesuai syariah pada infrastruktur *blockchain*, dengan mempertimbangkan tantangan teknis, hukum, dan ekonomi yang relevan.

Perbandingan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yang lebih umum bahwa penelitian ini mempertimbangkan secara khusus prinsip-prinsip syariah Islam dalam ekosistem *cryptoasset*, menciptakan lingkungan finansial yang sesuai dengan nilai-nilai Islam. Analisis yang komprehensif memberikan landasan kokoh bagi kesesuaian dengan prinsip-prinsip syariah. Analisis yang komprehensif terhadap enam pilar utama dalam ekosistem *cryptocurrency* sesuai syariah, seperti Perisai Syariah, Platform *Blockchain*, Aplikasi, dan Pertukaran dan Pasar, memberikan landasan kokoh bagi kesesuaian dengan prinsip-prinsip syariah. Selain itu, penelitian ini juga memanfaatkan temuan dan tren dari penelitian terdahulu, sehingga tetap relevan dengan konteks penelitian sebelumnya. Dengan merumuskan kerangka sistem yang mempertimbangkan tantangan teknis, hukum, dan ekonomi yang relevan, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam menciptakan solusi lintas sektor yang berkelanjutan. Terutama, dalam konteks komunitas Muslim, penelitian ini memiliki dampak potensial yang besar dalam memenuhi kebutuhan akan aset digital yang sesuai syariah, tidak hanya secara keuangan tetapi juga dalam aspek kepatuhan agama. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan wawasan baru dalam pengembangan aset digital, tetapi juga menghasilkan kerangka kerja yang praktis untuk adopsi *cryptoasset* yang lebih luas dan berkelanjutan yang sesuai dengan prinsip-prinsip syariah.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah merumuskan sebuah alternatif kerangka sistem aset digital yang memadukan teknologi *blockchain* dengan prinsip-prinsip syariah dalam upaya menciptakan landasan yang sesuai dengan nilai-nilai Islam. Analisis kepatuhan syariah dalam infrastruktur *blockchain* dapat memberikan pandangan mendalam terhadap integritas dan akuntabilitas sistem. Pada kerangka sistem *cryptocurrency* sebagai aset digital pada infrastruktur *blockchain* yang sejalan dengan prinsip syariah Islam adalah bahwa pendekatan holistik dan berbasis prinsip syariah sangat penting untuk memastikan kepatuhan dalam setiap aspek ekosistem *cryptoassets*. Enam pilar utama, yaitu Perisai Syariah, Platform *Blockchain*, Aplikasi, Pertukaran dan Pasar, serta Regulasi Keuangan, memberikan landasan yang kokoh untuk mencapai kesesuaian dengan prinsip-prinsip syariah. Perisai Syariah memberikan perlindungan terhadap fluktuasi nilai melalui dewan penasihat syariah, penjaminan emas, dan mekanisme pengendalian fluktuasi. Platform *Blockchain* memastikan bahwa transaksi hanya disetujui oleh dewan penasihat syariah, sedangkan Aplikasi memperluas penggunaan *cryptoassets* secara syariah di berbagai sektor. Pertukaran dan Pasar, serta Regulasi Keuangan, memberikan kontrol dan persetujuan atas aktivitas keuangan dan integrasi dengan sistem keuangan konvensional. Penelitian dan Pengembangan menegaskan perlunya pemahaman, kesadaran, dan kerjasama berkelanjutan untuk mengatasi masalah dan tantangan, serta memastikan bahwa *cryptocurrency* sesuai syariah dapat diterima oleh masyarakat Muslim. Dengan demikian, kerangka ini menciptakan dasar yang kokoh dan terintegrasi untuk pengembangan *cryptoassets* yang mematuhi prinsip-prinsip syariah Islam.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada rekan-rekan penelitian di Program Studi Magister Informatika, Teknik Informatika, dan Ilmu Hadis Universitas Ahmad Dahlan atas kontribusi, dukungan, dan kerjasama yang berharga. Semoga hasil

penelitian ini dapat menjadi kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang informatika.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. I. Hanafi, "Mengeksplorasi Dampak Inovasi Teknologi Terbaru dalam Investasi Syariah," *Relig. J. Agama, Sos. dan Budaya*, vol. 1, no. 6, pp. 1316–1335, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.55606/religion.v1i6.830>
- [2] D. Kochergin, "Crypto-Assets: Economic Nature, Classification and Regulation of Turnover," *Int. Organ. Res. J.*, vol. 17, no. 3, pp. 75–130, 2022, doi: 10.17323/1996-7845-2022-03-04.
- [3] A. Aliyu *et al.*, "Review of Some Existing Shariah-Compliant Cryptocurrency," *J. Contemp. Islam. Stud.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–23, 2020.
- [4] J. Ducrée, "Research – A blockchain of knowledge?," *Blockchain Res. Appl.*, vol. 1, no. 100005, pp. 1–4, 2020, doi: 10.1016/j.bcr.2020.100005.
- [5] A. Ferreira and P. Sandner, "Eu search for regulatory answers to crypto assets and their place in the financial markets' infrastructure," *Comput. Law Secur. Rev.*, vol. 43, 2021, doi: 10.1016/j.clsr.2021.105632.
- [6] L. Tredinnick, "Cryptocurrencies and the Blockchain," *Bus. Inf. Rev.*, vol. 36, no. 1, pp. 39–44, 2019, doi: 10.1177/0266382119836314.
- [7] T. Barbereau and B. Bodó, "Beyond financial regulation of crypto-asset wallet software: In search of secondary liability," *Comput. Law Secur. Rev.*, vol. 49, p. 105829, 2023, doi: 10.1016/j.clsr.2023.105829.
- [8] A. Nasir, K. Shaukat, K. I. Khan, I. A. Hameed, T. M. Alam, and S. Luo, "What is Core and What Future Holds for Blockchain Technologies and Cryptocurrencies: A Bibliometric Analysis," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 989–1004, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3046931.
- [9] A. De Vries, "Regulating smart contracts: Legal revolution or simply evolution?," *Patterns*, vol. 4, p. 100633, 2023, doi: 10.1016/j.patter.2022.100633.
- [10] J. W. Goodell, I. Alon, L. Chiamonte, A. Dreassi, A. Paltrinieri, and S. Piserà, "Risk substitution in cryptocurrencies: Evidence from BRICS announcements," *Emerg. Mark. Rev.*, vol. 54, p. 100938, 2023, doi: 10.1016/j.ememar.2022.100938.
- [11] A. Ferreira, "Regulating smart contracts: Legal revolution or simply evolution?," *Telecomm. Policy*, vol. 45, p. 102081, 2021, doi: 10.1016/j.telpol.2020.102081.
- [12] C. Pualetto, "Blockchain in international e-government processes: Opportunities for recognition of foreign qualifications," *Res. Glob.*, vol. 3, no. 100034, pp. 1–20, 2021, doi: 10.1016/j.resglo.2020.100034.
- [13] S. M. H. Bamakan, N. Nezhadsistani, O. Bodaghi, and Q. Qu, "Patents and intellectual property assets as non-fungible tokens; key technologies and challenges," *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–13, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-05920-6.
- [14] F. Schär, "Decentralized finance: on blockchain-and smart contract-based financial markets," *Fed. Reserv. Bank St. Louis Rev.*, vol. 103, no. 2, pp. 153–174, 2021, doi: 10.20955/r.103.153-74.
- [15] F. Valeonti, A. Bikakis, M. Terras, C. Speed, A. Hudson-Smith, and K. Chalkias, "Crypto collectibles, museum funding and openGLAM: Challenges, opportunities and the potential of non-fungible tokens (NFTs)," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 9931, pp. 1–19, 2021, doi: 10.3390/app11219931.
- [16] F. D. Wihartiko, S. Nurdiati, A. Buono, and E. Santosa, "Blockchain dan Kecerdasan Buatan dalam Pertanian : Studi Literatur," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–12, 2021, doi: 10.25126/jtik.0814059.
- [17] N. Junaedi, "Analisa Kepuasan Mahasiswa Terhadap Sistem Informasi Perpustakaan Universitas Merdeka Madiun Menggunakan Framework Pieces," *Res. J. Comput. Inf. Syst. Technol. Manag.*, vol. 1, no. 2, pp. 59–67, 2018, doi: 10.25273/research.v1i02.3364.
- [18] G. Lisanawati, "Urgensi Pengaturan Hukum Central Bank Digital Currency Dalam Dimensi Anti Pencucian Uang," vol. 8, 1AD.
- [19] D. Rachmaditya, "Transaksi Cryptocurrency Perspektif Ushul Fiqh," *Muamalat J. Kaji. Huk. Ekon. Syariah*, vol. 15, no. 2, pp. 145–158, 2023.
- [20] T. Darwish *et al.*, "A Comparative Analysis of Blockchain Consensus Algorithms from Shariah Perspective," *J. Contemp. Islam. Stud.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–22, 2020, doi: 10.24191/jcis.v6i1.1.
- [21] A. Delle Foglie, I. C. Panetta, E. Boukrami, and G. Vento, "The impact of the Blockchain technology on the global Sukuk industry: smart contracts and asset tokenisation," *Technol. Anal. Strateg. Manag.*, pp. 1–15, 2021, doi: 10.1080/09537325.2021.1939000.
- [22] D. A. Pangestu, "Penggunaan Teknologi Blockchain dalam Transaksi Keuangan Syariah," 2023. [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/46344%0Ahttps://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/46344/16421182.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [23] M. M. Alshater, I. Saba, I. Supriani, and M. R. Rabbani, "Fintech in islamic finance literature: A review," *Heliyon*, vol. 8, p. e10385, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e10385.
- [24] S. M. N. Lase, A. Adinda, R. D. Yuliantika, and E. Al, "Kerangka Hukum Teknologi Blockchain Berdasarkan Hukum Siber di Indonesia," *Padjajaran Law Rev.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–20, 2021, [Online]. Available: <https://hbr.org/2017/02/a-brief-history-of->
- [25] R. Belen-Saglam, E. Altuncu, Y. Lu, and S. Li, "A systematic literature review of the tension between the GDPR and public blockchain systems," *Blockchain Res. Appl.*, vol. 4, p. 100129, 2023, doi: 10.1016/j.bcr.2023.100129.
- [26] A. Ferreira and P. Sandner, "Eu search for regulatory answers to crypto assets and their place in the financial markets' infrastructure," *Comput. Law Secur. Rev.*, vol. 43, p. 105632, 2021, doi: 10.1016/j.clsr.2021.105632.
- [27] T. Ardavanis, "Membership NFTs Blockchain Technology, opportunities, and implementation of utility based Non-Fungible-Tokens," 2022. [Online]. Available: <https://www.theseus.fi/handle/10024/754763>
- [28] Firmansyah, "Pengaturan Hukum Transaksi Mata Uang Kripto Di Indonesia (Studi Komparasi Hukum Positif dan Keputusan Fatwa MUI)," 2023.
- [29] S. Y. Laila, "Desain halal Crypto di Indonesia," 2022. [Online]. Available: <http://etheses.uin-malang.ac.id/42421/7/18540005.pdf>
- [30] X. Deng, W. J. Doll, S. S. Al-Gahtani, T. J. Larsen, J. M. Pearson, and T. S. Raghunathan, "A cross-cultural analysis of the end-user computing satisfaction instrument: A multi-group invariance analysis," *Inf. Manag.*, vol. 45, no. 4, pp. 211–220, 2008, doi: 10.1016/j.im.2008.02.002.
- [31] F. A. M. Naw, A. M. A. Tambi, M. F. Samat, and W. M. W. Mustapha, "A Review On The Internal Consistency Of A Scale: The Empirical Example Of The Influence Of Human Capital Investment On Malcom Baldrige Quality Principles In Tvet Institutions," *Asian People J.*, vol. 3, no. 1, pp. 19–29, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1088/1/012014.
- [32] M. B. Demmangasa Yultan, Sabilaturrizqi Mashudah, Kasnawati Kasnawati, R. Akhmad, and A. N. Yudi, "Digitalisasi Pendidikan Akselerasi Literasi Digital Pelajar Melalui Eksplorasi Teknologi Pendidikan," *Communnity Dev. J.*, vol. 4, no. 5, pp. 11158–11167, 2023, [Online]. Available: <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/cdj/article/view/22045>
- [33] P. Freni, E. Ferro, and R. Moncada, "Tokenomics and blockchain tokens: A design-oriented morphological framework," *Blockchain Res. Appl.*, vol. 3, no. 100069, pp. 1–16, 2022, doi: 10.1016/j.bcr.2022.100069.
- [34] J. Truby, R. D. Brown, A. Dahdal, and I. Ibrahim, "Blockchain, climate damage, and death: Policy interventions to reduce the carbon emissions, mortality, and net-zero implications of non-fungible tokens and Bitcoin," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 88, no. August 2021, p. 102499, 2022, doi: 10.1016/j.erss.2022.102499.
- [35] J. Feng, X. Zhao, K. Chen, F. Zhao, and G. Zhang, "Towards random-honest miners selection and multi-blocks creation: Proof-of-negotiation consensus mechanism in blockchain networks," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 105, pp. 248–258, 2020, doi: 10.1016/j.future.2019.11.026.
- [36] W. Wang *et al.*, "A Survey on Consensus Mechanisms and Mining Strategy Management in Blockchain Networks," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 22328–22370, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2896108.
- [37] M. Cappai, "The role of private and public regulation in the case study of crypto-assets: The Italian move towards participatory regulation," *Comput. Law Secur. Rev.*, vol. 49, p. 105831, 2023, doi: 10.1016/j.clsr.2023.105831.

- [38] V. Kohli, S. Chakravarty, V. Chamola, K. S. Sangwan, and S. Zeadally, “An analysis of energy consumption and carbon footprints of cryptocurrencies and possible solutions,” *Digit. Commun. Networks*, vol. 9, pp. 79–89, 2023, doi: 10.1016/j.dcan.2022.06.017.
- [39] G. R. Ungson and S. Soorapanth, “The ASEAN blockchain roadmap,” *Asia Glob. Econ.*, vol. 2, no. 100047, pp. 1–14, 2022, doi: 10.1016/j.aglobe.2022.100047.
- [40] S. S. dan H. Idrisov, “Scientific Views from Russia and the Muslim World,” *Laws*, vol. 10, no. 32, pp. 1–17, 2021.
- [41] M. Arbina and M. I. F. Putuhena, “Tata Kelola Pembentukan Regulasi Terkait Perdagangan Mata Uang Kripto (Cryptocurrency) sebagai Aset Kripto (Crypto Asset),” *Mahadi Indones. J. Law*, vol. 1, no. 1, pp. 33–57, 2022, doi: 10.32734/mah.v1i1.8314.
- [42] I. Chalkiadakis, A. Zaremba, G. W. Peters, and M. J. Chantler, “On-chain analytics for sentiment-driven statistical causality in cryptocurrencies,” *Blockchain Res. Appl.*, vol. 3, no. 100063, pp. 1–25, 2022, doi: 10.1016/j.bera.2022.100063.